

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年   9 月 2 5 日  
Date of Application:

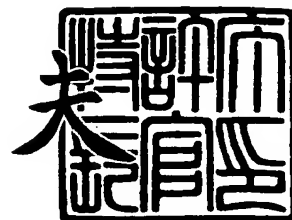
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 7 9 5 0 3  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 7 9 5 0 3 ]

出   願   人            矢 崎 総 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P84691-79

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の配線設計支援方法及びその装置

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

    【氏名】 澤井 正義

【特許出願人】

    【識別番号】 000006895

    【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100060690

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

    【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

    【識別番号】 100097858

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 越智 浩史

    【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

    【識別番号】 100108017

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 松村 貞男

    【電話番号】 03-5421-2331

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の配線設計支援方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法であって、

前記所定条件として、予測対象となるワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を前記有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出すると共に、この算出した予測形状に対しての振動に関する固有値も算出して、これらの算出結果を出力する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、

前記振動に関する固有値には、固有振動数及び固有振動モードの少なくともいずれかが含まれる、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、

前記ワイヤー様構造物は、車両に配線されるワイヤーハーネスであり、

前記拘束条件は、前記複数の梁要素の各頂点の座標及び前記各頂点における自由度とし、

前記形状特性は、前記ワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、そして、

前記材料特性は、前記梁要素の断面 2 次モーメント、断面 2 次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数とする、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【請求項 4】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を

利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する装置であって、

前記所定条件としての、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を設定する設定手段と、

前記設定手段にて設定された前記形状特性、材料特性及び拘束条件を前記有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出する予測形状算出手段と、

前記予測形状算出手段にて算出された予測形状に対する固有振動数を算出する固有振動数算出手段と、

前記予測形状及び前記固有振動数を出力する第 1 出力手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、

前記固有振動数算出手段に替えて、前記予測形状算出手段にて算出された予測形状に対する固有振動モードを算出する固有振動モード算出手段と、

前記第 1 出力手段に替えて、前記予測形状及び前記固有振動モードを出力する第 2 出力手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援装置。

【請求項 6】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、

前記予測形状に対しての振動に関する固有値解析を行い、その解析結果を出力する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線設計を支援する方法及びその装置に関し、特に、ワイヤー様構造物として車両に配線されるワ

ワイヤーハーネスの振動を考慮した最適な配線設計を支援する方法及びその装置に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

通常、車両等においては、複数の電装品が搭載されており、これらは、上記線条材として、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の保護部材によって束ねられた、いわゆる、ワイヤーハーネスで接続されている。図1に示すように、ワイヤーハーネス1は、各端部に電装品等と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられている。また、その中間部には各種クリップ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。なお、各端部から分岐点4までを構成するワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も様々である。そして、従来、このようなワイヤーハーネスの配線設計は、設計者の勘と経験によって行われることが多かった。

#### 【0003】

ここで、本明細書中で引用する文献を以下に示す。

#### 【0004】

##### 【非特許文献1】

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

##### 【非特許文献2】

安田仁彦著「モード解析と動的設計」株式会社コロナ社発行、1993年11月10日、p. 54-56

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、ワイヤーハーネスは、上記のように多種多様であり、それらの各部における曲げやねじりに対する剛性まで正確に予想して設計することは非常に困難なことであった。このため、設計通りの組付けが困難であったり、非現実的な形状になってしまうことも多かった。したがって、最適なワイヤーハーネスの配

線形状を得るために、設計及び組付けが試行錯誤繰り返されて、多大な時間を浪費することになっていた。更に、このような方法によると、最適な配線設計を行うためには高度な熟練も求められていた。

#### 【0006】

特に、ワイヤーハーネスが車両に配線される場合には、エンジンによる振動や走行による振動等が多発するので、これらの振動と共振現象を起こさないようにワイヤーハーネスの設計をすることが好ましい。

#### 【0007】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、ワイヤーハーネス等のワイヤー様構造物の予測形状に対しての振動に関する固有値も出力するようにして、ワイヤー様構造物のよりの確な配線設計を、設計者の熟練度に依存することなく、容易かつ正確に行えるようにするワイヤーハーネスの配線設計支援方法及びその装置を提供することを課題としている。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項1記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、複数本の線材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法であって、前記所定条件として、予測対象となるワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を前記有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出すると共に、この算出した予測形状に対しての振動に関する固有値も算出して、これらの算出結果を出力する、ことを特徴とする。

#### 【0009】

また、上記課題を解決するためになされた請求項2記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、請求項1記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、前記振動に関する固有値には、固有振動数及び固有振動モードの少なくともいずれかが含まれる、ことを特徴とする。

**【0010】**

また、上記課題を解決するためになされた請求項3記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、請求項1又は2記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、前記ワイヤー様構造物は、車両に配線されるワイヤーハーネスであり、前記拘束条件は、前記複数の梁要素の各頂点の座標及び前記各頂点における自由度とし、前記形状特性は、前記ワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、そして、前記材料特性は、前記梁要素の断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数とする、ことを特徴とする。

**【0011】**

また、上記課題を解決するためになされた請求項4記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置は、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する装置であって、前記所定条件としての、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を設定する設定手段と、前記設定手段にて設定された前記形状特性、材料特性及び拘束条件を前記有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出する予測形状算出手段と、前記予測形状算出手段にて算出された予測形状に対する固有振動数を算出する固有振動数算出手段と、前記予測形状及び前記固有振動数を出力する第1出力手段と、を含むことを特徴とする。

**【0012】**

また、上記課題を解決するためになされた請求項5記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置は、請求項4記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、前記固有振動数算出手段に替えて、前記予測形状算出手段にて算出された予測形状に対する固有振動モードを算出する固有振動モード算出手段と、前記第1出力手段に替えて、前記予測形状及び前記固有振動モードを出力する第2出力手段と、を含むことを特徴とする。

**【0013】**

また、上記課題を解決するためになされた請求項6記載のワイヤー様構造物の



配線設計支援方法は、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、前記予測形状に対しての振動に関する固有値解析を行い、その解析結果を出力する、ことを特徴とする。

#### 【0014】

請求項1、2、4、5記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、予測対象となるワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出すると共に、この算出した予測形状に対しての振動に関する固有値も算出して、これらの算出結果を出力するようにしている。したがって、このワイヤー様構造物に取り付けられる対象物に振動が発生した際の共振現象等を組み付け作業を行う前に予め知ることができる。

#### 【0015】

また、請求項3記載の発明によれば、車両に配線されるワイヤーハーネスに適用され、拘束条件をワイヤー様構造物を構成する複数の梁要素の各頂点の座標及び各頂点における自由度とし、形状特性をワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、材料特性を梁要素の断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数としているので、非常に現実にもったワイヤーハーネスの設計シミュレーションが可能になる。特に、車両には、エンジンによる振動や走行による振動等が多発するので、これらの振動と共振現象を起こさないようなワイヤーハーネスの設計をすることが可能になる。

#### 【0016】

また、請求項6記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、予測形状に対しての振動に関する固有値解析を行い、その解析結果を出力するようにしているので、このワイヤー様構造物に取り付けられる対象物に振動が発生した際の共振現象等を組み付け作業を行う前に予め知ることができる。

## 【0017】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図1及び図2を用いて、設計対象となるワイヤー様構造物としてのワイヤーハーネスの全体形状及び代表的な支持部材について説明する。図1は、本発明の実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。図2は、ワイヤーハーネスを支持する代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。後述するが、本実施形態は、ここに示すようなワイヤーハーネスに対して予測形状をシミュレーション出力することにより、設計を支援するものである。

## 【0018】

本実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネス1は、上述のように両端部に図示しない電装品と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられ、その中間部には各種クリップ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。ワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。

## 【0019】

上記各コネクタ2a、2b、2c、2dは、電装品側の相手方コネクタの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。また、上記各クリップ3a、3b、3c、3dは、ワイヤーハーネスの所定部位を、電装品の筐体やステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束される。

## 【0020】

ここで、クリップについて説明を加える。クリップには、基本的に、長穴クリップ及び丸穴クリップがある。丸穴クリップは、回転クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クリップは、Z軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

## 【0021】

一方、長穴クリップは、固定クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クリップは、Z軸廻りに回転不可能である。

## 【0022】

更に、長穴クリップ及び丸穴クリップには、X軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クリップ及びコルゲート丸穴クリップがある。このような各クリップの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図2に示す通りである。

## 【0023】

図2において、X軸、Y軸及びZ軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する3軸に相当する。例えば、Z軸をクリップ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路、固有振動数及び固有振動モード算出に先立ち、各節点にそれぞれ、設定される。

## 【0024】

次に、図3～図6を参照しながら、本実施形態において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図3（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図3（B）は、図3（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図3（C）は、図3（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図4は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。図5（A）は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図5（B）は、図5（A）の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。そして、図6（A）は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図6（B）は、断面2次モー

メント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図である。

#### 【0025】

まず、本実施形態では、ワイヤーハーネスの設計に有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- ①. ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。
- ②. ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。
- ③. 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。
- ④. ワイヤーハーネスの断面を円形であると仮定する。

本実施形態において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

#### 【0026】

本実施形態においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図3（A）に示すように、複数の電線11がテープ12等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネス1は連続体とみなすことができる。次に、図3（B）に示すように、このようなワイヤーハーネス1を、いくつかの梁要素C1、C2、C3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは1本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

#### 【0027】

したがって、図3（C）に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素C1、C2、C3、…を複数のノードN1、N2、N3、…で結合したものととして表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さ  $l$ （図3（B）参照）

断面積  $A$ （図3（B）参照）

断面2次モーメント  $I$

断面2次極モーメント  $J$

密度  $\rho$

縦弾性係数  $E$

横弾性係数  $G$

なお、後述するが、本明細書中、長さ  $l$  及び断面積  $A$  を形状特性とし、断面2

次モーメント  $I$ 、断面 2 次極モーメント  $J$ 、密度  $\rho$ 、縦弾性係数  $E$  及び横弾性係数  $G$  を材料特性としている。

### 【0028】

そして、図 4 に示すように、各梁要素  $C$  ( $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、…) はそれぞれ、2 つの節点  $\alpha$  及び節点  $\beta$  を有する。3 次元空間においては、節点  $\alpha$  は、3 つの並進成分と 3 つの回転成分を持つため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点  $\beta$  も同様である。したがって、梁要素  $C$  は 12 自由度を持つことになる。

### 【0029】

なお、図中、

$F_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の力

$F_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の力

$F_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の力

$M_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸周りのモーメント

$U_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の変位

$U_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の変位

$U_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の変位

$\theta_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の角変位

$\alpha$  は左側の節点、 $\beta$  は右側の節点

を示す。

### 【0030】

ところで、振動してない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、以下の式 (1) に示すフックの法則が成り立つことが知られている。

$$Kx = F \cdots (1)$$

ここで、 $K$  : ばね定数、 $x$  : 変位、 $F$  : 力

を示す。

## 【 0 0 3 1 】

また、図 4 で示した梁要素 C にも同様にフックの法則が成り立つことが知られている。但し、梁要素 C は、上記のように 1 2 自由度をもつため、以下の式 ( 2 ) で示すように、1 2 行 1 2 列のマトリクスと 1 2 行のベクトルとで、力と変位との関係を表現することができる。

## 【 0 0 3 2 】



梁要素 C 2 の節点  $2\beta$  及び梁要素 C 3 の節点  $3\alpha$  の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素 C 1 及び C 2、梁要素 C 2 及び C 3 を、図 5 (B) に示すように、結合することができる。

**【0034】**

なお、図中、

$F_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の力

$F_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の力

$F_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の力

$M_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸周りのモーメント

$U_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の変位

$U_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の変位

$U_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の変位

$\theta_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha、1\beta、2\alpha、2\beta、3\alpha、3\beta$  である。

**【0035】**

そして、図 5 (B) に示した梁要素 C 1、C 2、C 3 における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式 (2) と同様の形式で示すと、以下の式 (3) のようになる。

**【0036】**



【数 2】

$$\begin{Bmatrix} F_{x1\alpha} \\ F_{y1\alpha} \\ F_{z1\alpha} \\ M_{x1\alpha} \\ M_{y1\alpha} \\ M_{z1\alpha} \\ \vdots \\ F_{x2\alpha} \\ F_{y2\alpha} \\ F_{z2\alpha} \\ M_{x2\alpha} \\ M_{y2\alpha} \\ M_{z2\alpha} \\ \vdots \\ F_{x3\alpha} \\ F_{y3\alpha} \\ F_{z3\alpha} \\ M_{x3\alpha} \\ M_{y3\alpha} \\ M_{z3\alpha} \\ \vdots \\ F_{x3\beta} \\ F_{y3\beta} \\ F_{z3\beta} \\ M_{x3\beta} \\ M_{y3\beta} \\ M_{z3\beta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} U_{x1\alpha} \\ U_{y1\alpha} \\ U_{z1\alpha} \\ \theta_{x1\alpha} \\ \theta_{y1\alpha} \\ \theta_{z1\alpha} \\ \vdots \\ U_{x2\alpha} \\ U_{y2\alpha} \\ U_{z2\alpha} \\ \theta_{x2\alpha} \\ \theta_{y2\alpha} \\ \theta_{z2\alpha} \\ \vdots \\ U_{x3\alpha} \\ U_{y3\alpha} \\ U_{z3\alpha} \\ \theta_{x3\alpha} \\ \theta_{y3\alpha} \\ \theta_{z3\alpha} \\ \vdots \\ U_{x3\beta} \\ U_{y3\beta} \\ U_{z3\beta} \\ \theta_{x3\beta} \\ \theta_{y3\beta} \\ \theta_{z3\beta} \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{x\} \\ \{K\} \end{Bmatrix}$$

【0037】

ここで、式(3)中の12行12列のマトリクスM1、M2及びM3は、上記式(2)で示したものと同様である。但し、マトリクスM1、M2及びM3が重なっている部分M12及びM23は、各マトリクスの各構成要素が足し合わされたものとなる。

【0038】

なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの数式モデルを作成するこ

とができる。

#### 【0039】

ちなみに、上記式(3)を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\} \cdots (4)$$

となる。

したがって、例えば、各節点にクリップが取り付けられるものとして、クリップに加わる力を予め決定しておけば、上記式(4)に基づき、変位ベクトル  $\{x\}$  を求めることにより、経路、すなわち、ワイヤーハーネスの形状を算出することができる。逆に、経路を決定しておけば、各節点における力ベクトル  $\{F\}$  を算出できる。このような基本的な考え方に基づき、本実施形態では、ワイヤーハーネスの予測経路、固有振動数及び固有振動モードを算出する。上記変位ベクトル  $\{x\}$  及び力ベクトル  $\{F\}$  中の未知数は、公知のNewton-Raphson法や弧長法等を用いてその解を求めることができる。

#### 【0040】

なお、上記のような一般的なマトリックス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも示されている。

#### 【0041】

ここで、本実施形態において、上記梁要素に必要な各特性値の求め方の一例について以下に示す。まず、長さ  $l$ 、断面積  $A$  及び密度  $\rho$  は、対象となるワイヤーハーネスを作成し、ノギス、メジャー、重量計等を用いて計測した後、簡単な算出により求めることができる。

#### 【0042】

また、縦弾性係数  $E$  は、図6(A)に示す測定方法を行う場合、次式(5)で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \cdots (5)$$

また、断面2次モーメント  $I$  は、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮定したので、次式(6)で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \cdots (6)$$

したがって、

$$E = 64FL^3 / 3\pi D^4 \dots (7)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F/X) \times (64L^3 / 3\pi D^4)$$

として、Fとxとの関係を測定すればよい。

#### 【0043】

一方、横弾性係数Gは、図6（B）に示す測定方法を行う場合、次式（8）で表すことができる。

$$G = (TL / \theta J) \times 2 \dots (8)$$

断面2次極モーメントJは、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式（9）で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \dots (9)$$

また、ねじる力は、

$$T = FS \dots (10)$$

となる。

よって、

$$G = (32FSL / \theta \pi D^4 \times 2 = (F / \theta) (32SL / \pi D^4) \times 2 \dots (11)$$

したがって、Fと $\theta$ の関係を測定すればよい。

#### 【0044】

上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって各値を取得してもよい。また、予め代表的なワイヤーハーネスを測定しておきデータベース化しておき、これを適宜利用するようにしてもよい。

#### 【0045】

更に、本実施形態では、ワイヤーハーネスの予測形状に対しての振動に関する固有値解析、すなわち、固有振動数及び固有振動モードの算出も行われるため、その際に利用する理論及び基本式についても簡単に説明しておく。

#### 【0046】

すなわち、上記式（4）に対する運動方程式は、ニュートンの第2法則を適用

すると、以下の式 (12) のようになる。

$$[M] \{x''\} - [K] \{x\} = 0 \cdots (12)$$

ここで、 $[M]$  : 慣性マトリックス、 $\{x''\}$  : 変位ベクトル  $\{x\}$  の 2 階の時間微分

を示す。

【0047】

いま、

$$\{x\} = [X] e^{j\omega t} \cdots (13)$$

とすると、

$$\{x'\} = j\omega [X] e^{j\omega t} \cdots (14)$$

$$\{x''\} = -\omega^2 [X] e^{j\omega t} \cdots (15)$$

となる。

ここで、 $\{x'\}$  : 変位ベクトル  $\{x\}$  の 1 階の時間微分を示す。

【0048】

上記式 (12) に式 (13)、式 (14) 及び式 (15) を代入すると、

$$[M] (-\omega^2) (-\omega^2 [X] e^{j\omega t}) - [K] ([X] e^{j\omega t}) = 0$$

となり、これを更に変形していくと最終的に以下の式 (16) が得られる。

$$(-\omega^2 [M] - [K]) [X] e^{j\omega t} = 0$$

$$(-\omega^2 [M] - [K]) [X] e^{j\omega t} = 0$$

$$(-\omega^2 [M] - [K]) [X] = 0$$

$$(-\omega^2 [I] - [M]^{-1} [K]) [X] = 0 \cdots (16)$$

ここで、 $[I]$  : 単位マトリックス  $\omega$  : 固有振動数  $[X]$  : 固有振動モードを示す。

【0049】

なお、上記のような一般的な固有値解析は、例えば、上記非特許文献 2 でも示されている。

【0050】

したがって、上記のような理論及び基本式を用いて、ワイヤーハーネスの予測

形状に対して、固有振動数及び固有振動モードを算出することが可能になる。

#### 【0051】

次に、上記理論及び基本式を利用して後述する処理手順にしたがってワイヤーハーネスの形状を算出及び出力する、本実施形態に係るハードウェア構成について説明する。図7は、本実施形態に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

#### 【0052】

図7に示すように、本実施形態では、マイクロコンピュータ21、入力装置22、表示装置23、印字装置24、記憶装置25及び通信インターフェース26で基本構成される、例えば、パーソナルコンピュータが用いられる。マイクロコンピュータ21は、CPU21a（中央演算装置）、ブートプログラム等を記憶するROM21b、各種処理結果を一時的に記憶するRAM21cを含む。入力装置22は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置23は処理結果を表示するCRT等であり、印字装置24は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置25は処理結果を記憶するハードディスクドライブやコンパクトディスク等の可搬型記録媒体であり、通信インターフェース26は外部装置と、例えば、LAN回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス27を介して接続されている。CPU21aは、ROM21bに記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、入力装置22にて入力及び設定されたワイヤーハーネスの配線に関する各値及び記憶装置25に記憶される本実施形態に係る処理手順を示すアプリケーションプログラムにしたがって、本実施形態に係る予測形状算出処理や固有値算出処理等を行い、表示装置23や印字装置24から出力させたり、その結果を記憶装置25に記憶させたりする。CPU21aが行う本実施形態に係る処理手順は、図8を用いて後述する。

#### 【0053】

更に、図8及び図9を用いて、本実施形態に係る処理手順について説明する。図8は、図7に示したハードウェア構成を用いて行われる本実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。図9（A）～図9（C）はそれぞれ、図8に

示す各処理の過程における出力結果を例示する図である。

#### 【0054】

まず、図8に示すステップS1において、図9(A)の節点1a1、1a2及び1a3で示されるような、対象となるワイヤーハーネスのコネクタやクリップが取り付けられる部位における拘束条件が設定される。この拘束条件としては、各節点1a1、1a2及び1a3に対する図2で示したような拘束種類（完全拘束、回転拘束、完全自由等）やローカル座標等が設定される。各節点1a1、1a2及び1a3としては、コネクタやクリップ等の支持部材が取り付けられる部位等が割り当てられる。なお、拘束種類の設定には、図2で示したように、コネクタ、固定クリップ等の支持部材名を利用してもよい。ここで設定される各値は、上記式(3)中の変位ベクトル  $\{x\}$  中の各要素に係わる。

#### 【0055】

これと共に、ステップS1においては、被予測ワイヤーハーネスの形状特性及び材料特性も設定される。形状特性としては上記長さ1及び断面積Aが設定され、材料特性としては、断面2次モーメントI、断面2次極モーメントJ、密度 $\rho$ 、縦弾性係数E及び横弾性係数Gが設定される。これらは、上記のようにして予め計測或いは算出されている値が利用される。ここで設定される値は、上記式(3)中の剛性マトリクス  $[K]$  中の各要素に係わる。なお、上記各値の設定に際しては、上記入力装置22が用いられる。以降の処理においても、各値の設定には入力装置22が用いられ、形状算出処理はマイコン21にて行われ、算出結果の出力には表示装置23が用いられる。

#### 【0056】

また、ステップS1においては、ワイヤーハーネスの所定部位、例えば、コネクタが取り付けられる位置に相当する節点1a3等に加える力 $f$ を設定するようにしてもよい。この力 $f$ は、例えば、組付け時に予想される作業者の動き等に基づくようにする。ここで設定される値は、上記式(3)中の力ベクトル  $[f]$  中の各要素に係わる。なお、このステップS1の前に、予め初期形状を算出しておくようにしてもよい。初期形状を得るための初期値としては、例えば、対象となるワイヤーハーネスの両端のコネクタが取り付けられる位置及び拘束方向や、こ

のワイヤーハーネスの最小曲げ半径等を用いることができる。なお、このステップS1では、算出処理に係る各種制御値等も設定される。このステップS1は、請求項の設定手段に相当する。

#### 【0057】

このような、形状算出に必要な各値の設定が完了した後、算出開始のための所定トリガがあると、ステップS2以降において、有限要素法を利用して上記設定された拘束条件等を満たす釣り合いがとれた予測形状が算出されると共に、上記固有値解析が行われて、これらの結果が出力される。そして、所定の終了トリガがあるまで、上記各値の設定変更等により、繰り返し予測形状を出力させることができる。この処理を以下に説明する。

#### 【0058】

すなわち、ステップS2においては、上記ステップS1で設定された形状算出に必要な各値を有限要素法、特に、上記式(3)に適用して、図9(B)に示すような、力学的に釣り合いがとれた状態である予測形状1aが算出される。この図9(B)に示すような予測形状1aは、後述するように固有振動数及び固有振動モードの算出結果と共に出力するようにしてもよし、予測形状1aのみを単独で出力できるようにしてもよい。なお、このステップS2は、請求項の予測形状算出手段に相当する。

#### 【0059】

次に、ステップS3においては、上記ステップS2にて算出された予測形状1aに対しての固有振動数及び固有振動モードが算出される。この算出処理には、上記式(16)等が利用される。そして、ステップS4においては、図9(C)に示すように、上記ステップS2及びステップS3にて算出された予測形状1a、固有振動数及び固有振動モードが、表示装置23上に出力される。固有振動数及び固有振動モードの出力結果としては、図9(C)の点線1b及び破線1cで示すように、算出された固有振動数及び固有振動モードから予測されるワイヤーハーネスの波形、特に、最大振幅値等の情報を盛り込むことが好ましい。このような出力結果により、所定の拘束条件を満たすように配線されたワイヤーハーネスが、振動により各種障害物等と干渉するか否かを直感的に把握することが可能

となる。このためには、各種障害物等を予測形状 1 a、固有振動数及び固有振動モードの出力結果と共に、表示装置 2 3 上に出力するようにしておくといよい。また、固有振動数及び固有振動モードを、数値で出力するようにしてもよい。こうすることにより、車両のエンジン等を起因とする振動源からの振動周波数との比較が容易になり、共振現象を効果的に防止することができるようになる。なお、上記ステップ S 3 は、請求項の固有振動数算出手段及び固有振動モード算出手段に相当する。また、上記ステップ S 4 における固有振動数及び固有振動モードの出力処理はそれぞれ、請求項の第 1 出力手段及び第 2 出力手段に相当する。

#### 【0060】

次に、ステップ S 5 においては、所定の終了トリガの有無が判定され、終了トリガがない限りステップ S 6 に進み（ステップ S 5 の N）、終了トリガがあれば一連の処理を終了する（ステップ S 5 の Y）。なお、終了トリガは、例えば、入力装置 2 2 のキーボード操作等である。

#### 【0061】

ステップ S 6 においては、振動による各種障害物等との干渉状態や共振現象等が考慮されて、上記ステップ S 1 にて設定された各値が変更されて再設定される。すなわち、振動源の影響を受けて共振しないように、拘束条件、形状特性及び材料特性を変更してみる。次に、ステップ S 7 において、表示装置 2 3 上の現予測形状 1 a が消去された上で、上記ステップ S 2 に戻る。そして、ステップ S 5 において終了トリガ有りとは判定されるまで、ステップ S 2 ～ステップ S 4 において、設定変更された各値に基づいて、有限要素法を利用した予測形状、固有振動数及び固有振動モードの算出処理、並びにその結果の出力処理が行われる。

#### 【0062】

なお、ステップ S 5 において、終了トリガがあると、図 9（B）に示すような、最終的なワイヤーハーネスの予測形状 1 a のみを出力させるようにしてもよい。

#### 【0063】

このように、本実施形態によれば、ワイヤーハーネスの予測形状及び振動による影響を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。特に、車両には、エンジンによる振動や走行による振動等が多発するので、これらの振動と共振現象



を起こさないようなワイヤーハーネスを設計する上で、本実施形態は非常に有効となる。この結果、ワイヤーハーネスの最適な配線設計が、設計者の熟練度に依存することなく、短期間で、容易かつ正確に行えるようになる。勿論、ワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなすことによって有限要素法の適用を可能にして、より精度の高い形状予測を実現していることはいうまでもない。

#### 【0 0 6 4】

なお、本発明の方法及び装置は、車両内に配線されるワイヤーハーネスに限定されず、振動の発生する各種装置等に配線されるワイヤーハーネスにも、同様に適用可能である。また、共振現象を防止するためには、上記実施形態で説明した以外に、大きな減衰をかけて振動を押さえ込むようにしてもよい。

#### 【0 0 6 5】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1、2、4、5 記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、予測対象となるワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を有限要素法に適用して、釣り合いがとれた状態である予測形状を算出すると共に、この算出した予測形状に対しての振動に関する固有値、すなわち、固有振動数、固有振動モードも算出して、これらの算出結果を出力するようにしている。したがって、このワイヤー様構造物が取り付けられる対象物に振動が発生した際の共振現象等を組み付け作業を行う前に予め知ることができる。この結果、ワイヤー様構造物のよりの確な配線設計が、設計者の熟練度に依存することなく、容易かつ正確に行えるようになる。

#### 【0 0 6 6】

また、請求項 3 記載の発明によれば、車両に配線されるワイヤーハーネスに適用され、拘束条件をワイヤー様構造物を構成する複数の梁要素の各頂点の座標及び各頂点における自由度とし、形状特性をワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、材料特性を梁要素の断面 2 次モーメント、断面 2 次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数としているので、非常に現実に則したワイヤー

ハーネスの設計シミュレーションが可能になる。特に、車両には、エンジンによる振動や走行による振動等が多発するので、これらの振動と共振現象を起こさないようなワイヤーハーネスを設計する上で、本発明は非常に有効となる。

#### 【0067】

また、請求項6記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、予測形状に対しての振動に関する固有値解析を行い、その解析結果を出力するようにしているので、このワイヤー様構造物が取り付けられる対象物に振動が発生した際の共振現象等を組み付け作業を行う前に予め知ることができる。この結果、ワイヤー様構造物のよりの確な配線設計が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。

##### 【図2】

ワイヤーハーネスを支持する代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

##### 【図3】

図3 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図3 (B) は、図3 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図3 (C) は、図3 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

##### 【図4】

梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

##### 【図5】

図5 (A) は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図5 (B) は、図5 (A) の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。

##### 【図6】

図6 (A) は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図6 (B) は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図である。

【図7】

本実施形態に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

【図8】

本実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

【図9】

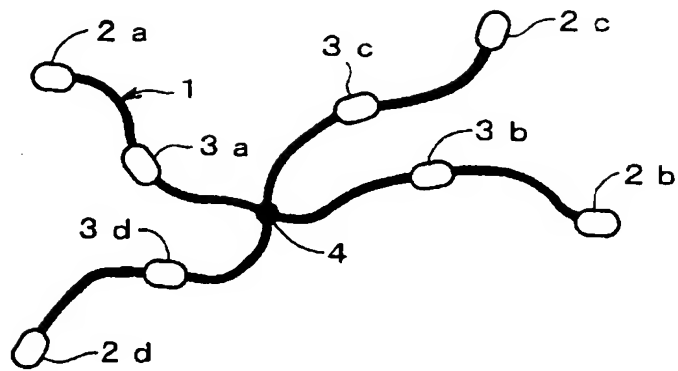
図9 (A) ～図9 (C) はそれぞれ、図8に示す各処理の過程における出力結果を例示する図である。

【符号の説明】

- 1 ワイヤハーネス (ワイヤー様構造物)
- 2 a、2 b、2 c、2 d コネクタ
- 3 a、3 b、3 c、3 d クリップ
- 4 分岐点
- 2 1 マイクロコンピュータ
- 2 2 入力装置
- 2 3 表示装置
- 2 4 印字装置
- 2 5 記憶装置
- 2 6 通信インターフェース
- 2 7 内部バス
- C 1～C 7 梁要素
- N 1～N 8 節点 (ノード)

【書類名】 図面

【図 1】

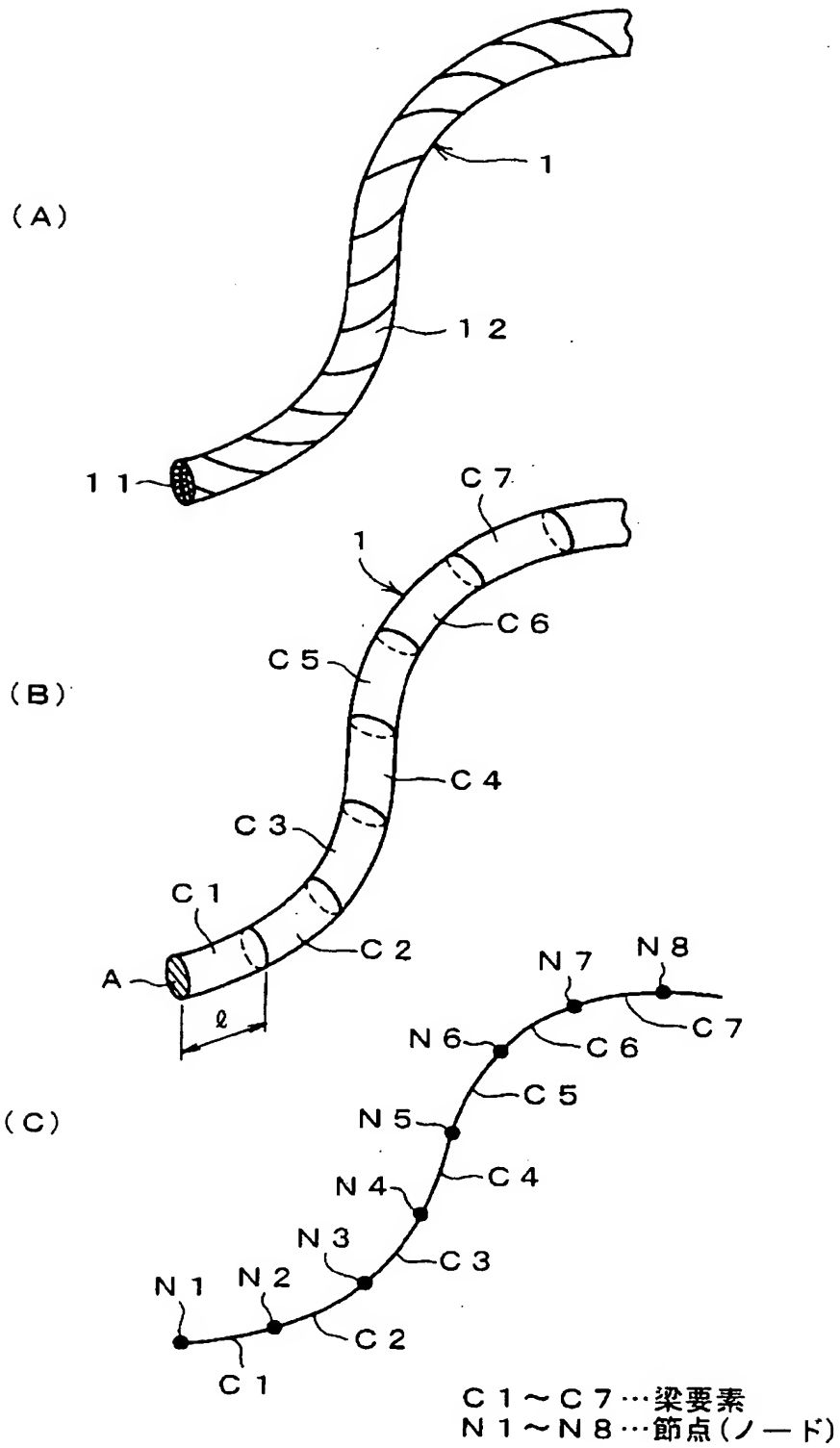


1 …ワイヤーハーネス  
2 a、2 b、2 c、2 d…コネクタ  
3 a、3 b、3 c、3 d…クリップ  
4 …分岐点

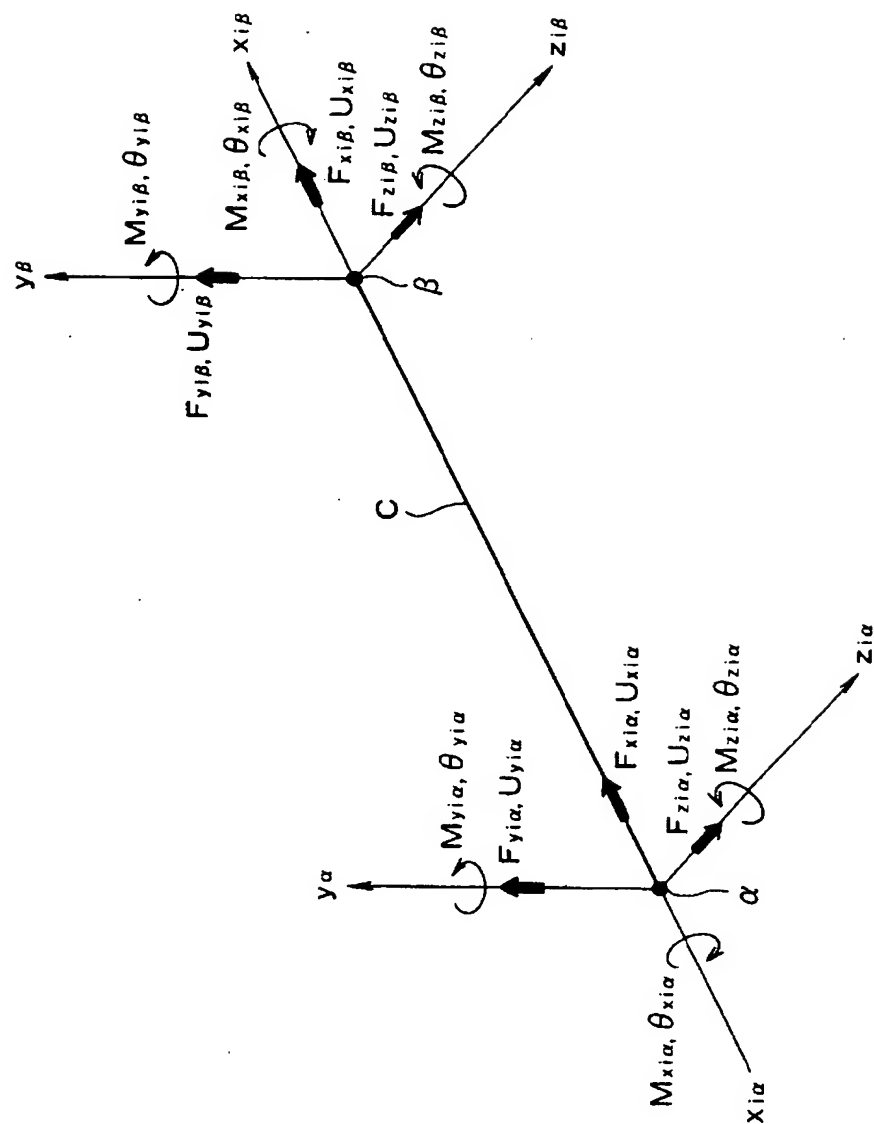
【図 2】

	拘束自由度 支持部材		X 軸方向 並進	Y 軸方向 並進	Z 軸方向 並進	X 軸廻り 回転	Y 軸廻り 回転	Z 軸廻り 回転
	完全拘束							
完全拘束	コネクタ		不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束	長穴クリップ		不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束	丸穴クリップ		不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束	コルゲート長穴クリップ		不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束	コルゲート丸穴クリップ		不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由	分岐点		可	可	可	可	可	可

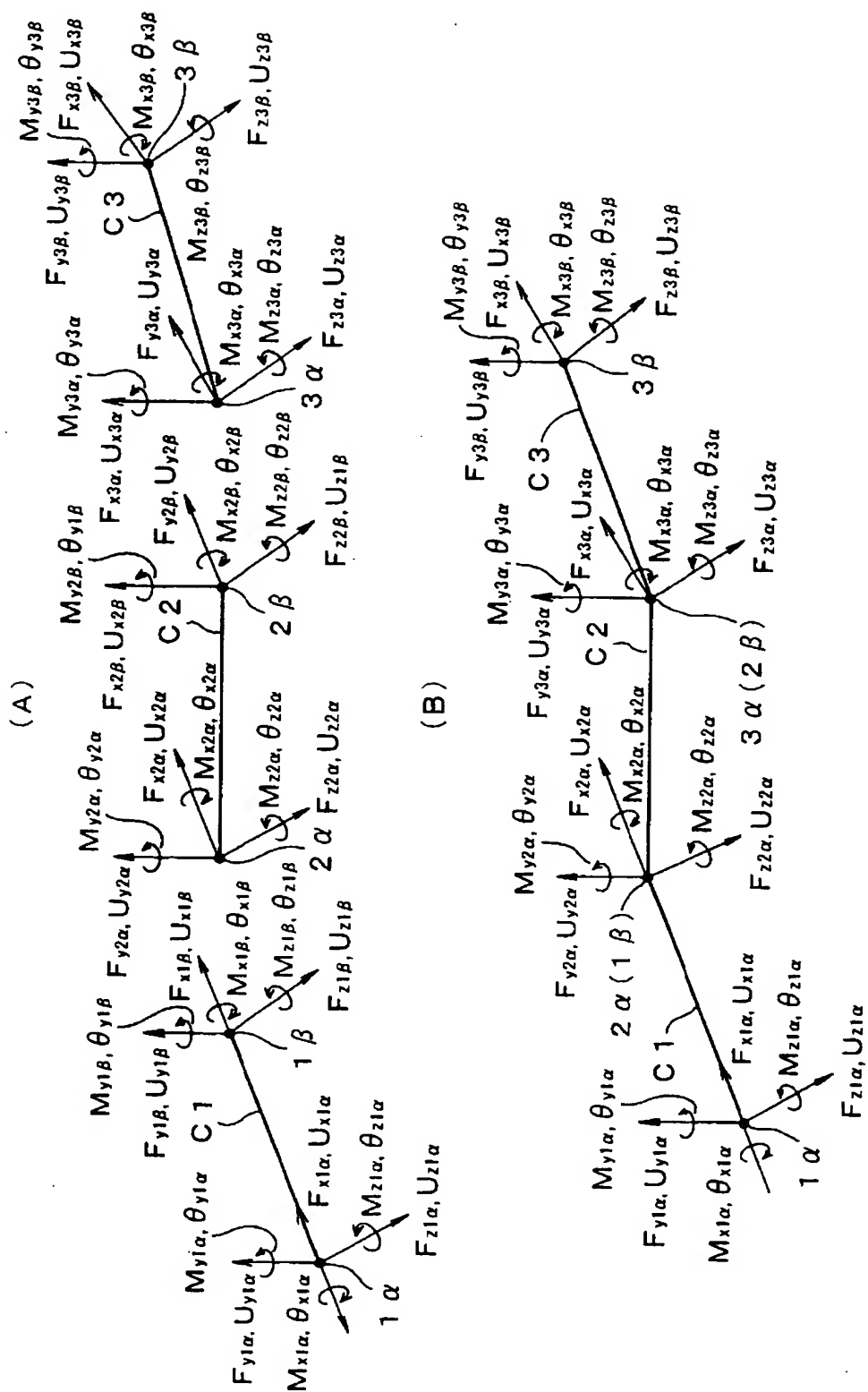
【図 3】



【図 4】

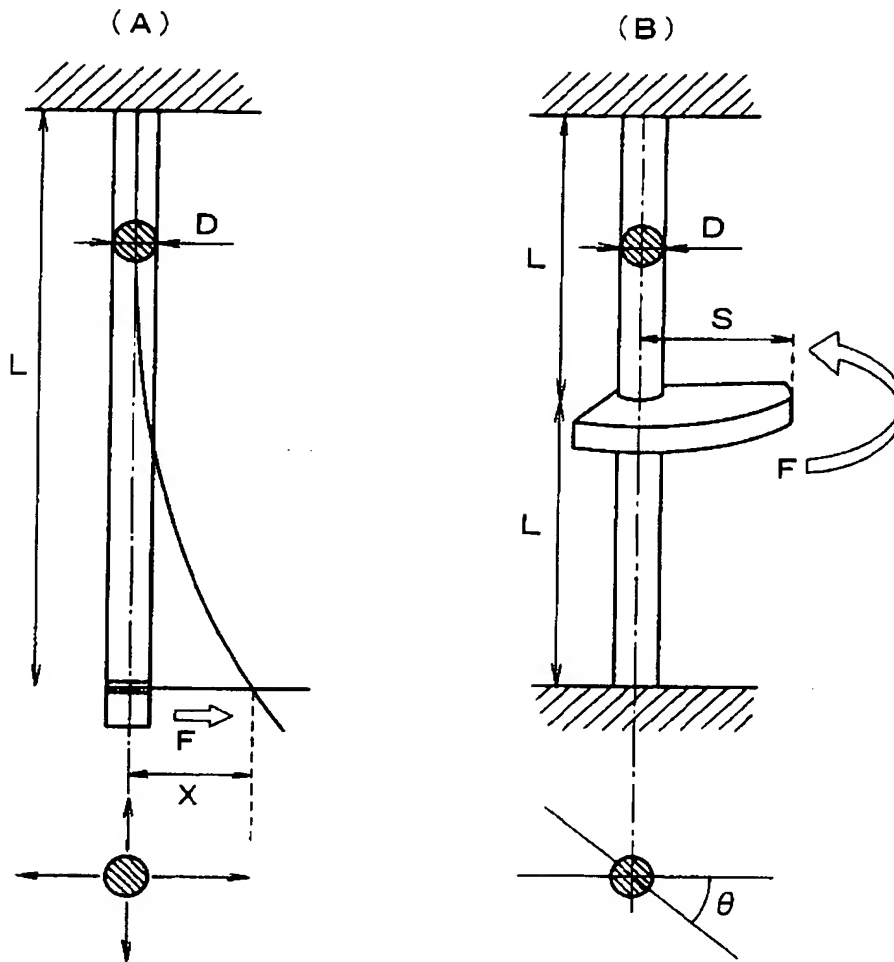


【圖 5】

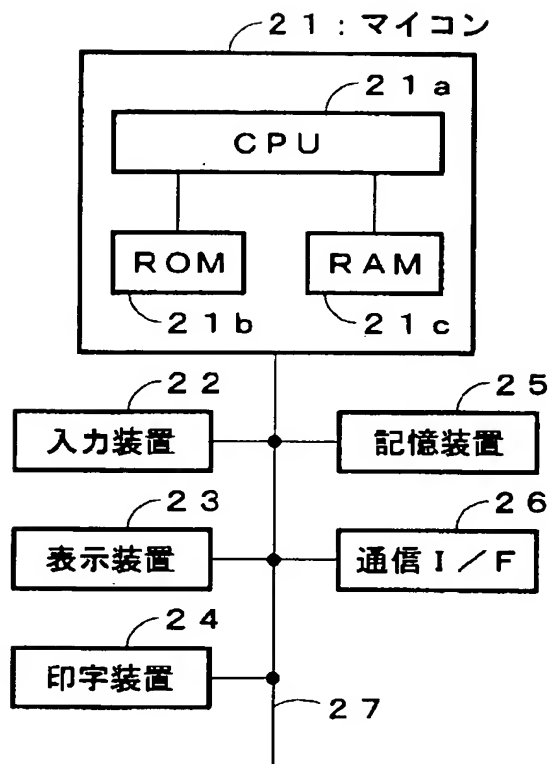




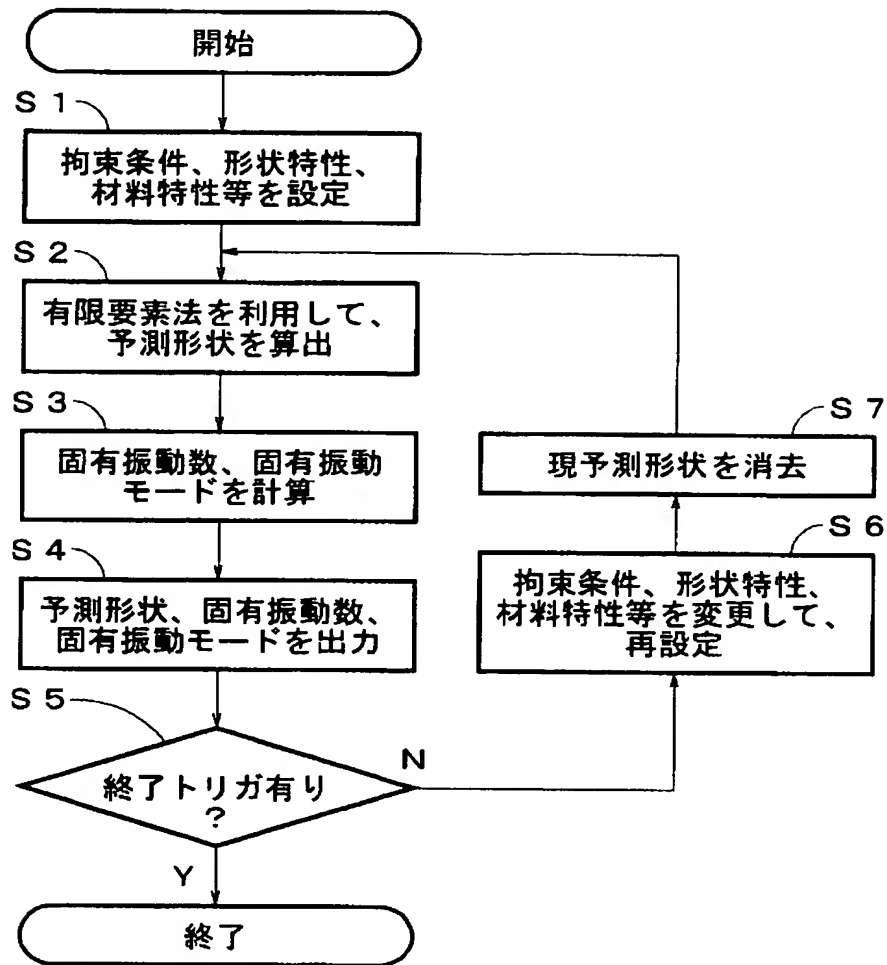
【図 6】



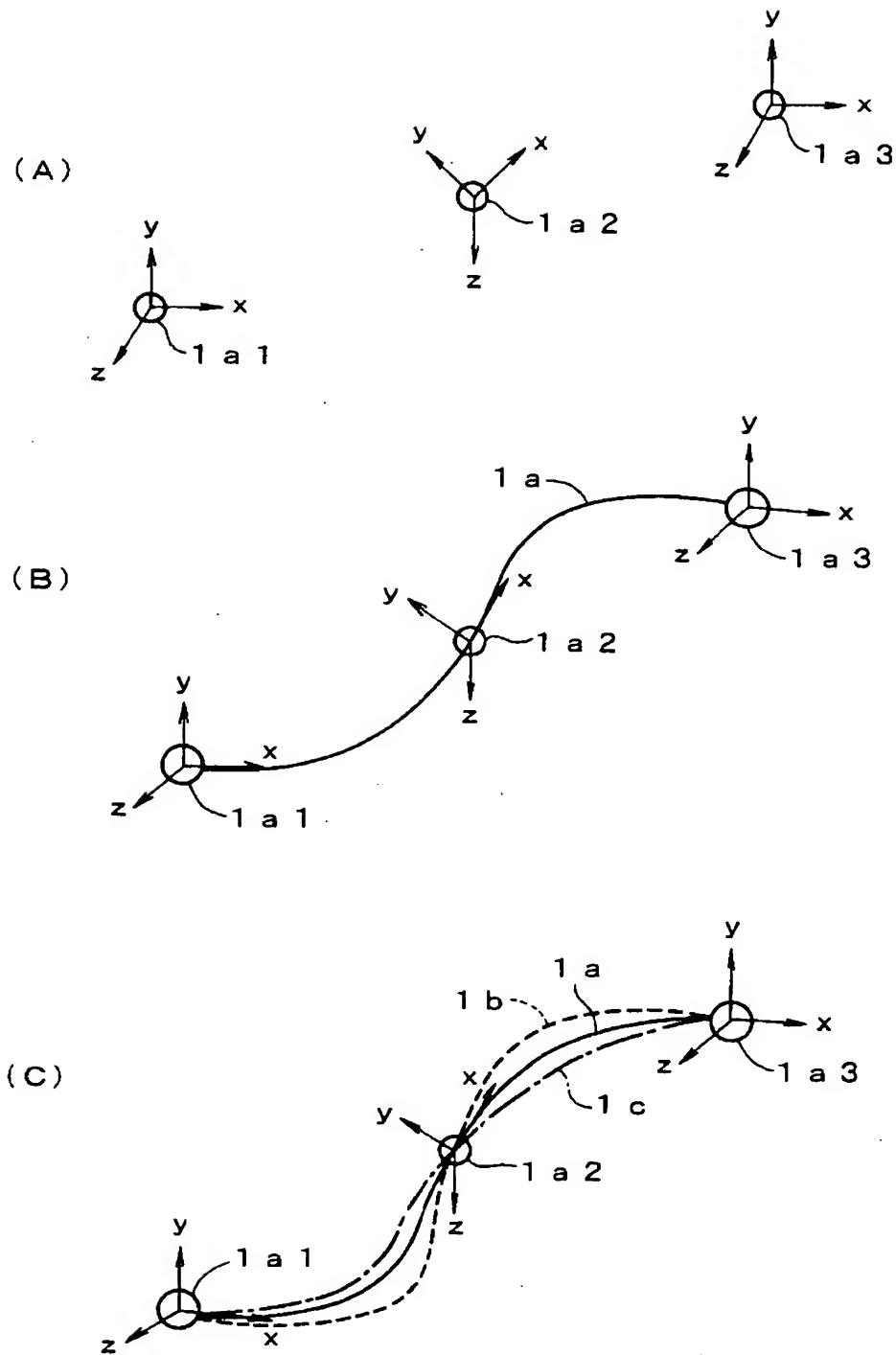
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ワイヤー様構造物の予測形状に対しての振動に関する固有値を出力して、ワイヤー様構造物のよりの確な配線設計を、設計者の熟練度に依存することなく、容易かつ正確に行えるようにする。

【解決手段】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、有限要素法を利用して、所定条件を満たすワイヤー様構造物の予測形状 1 a を出力する。これと共に、算出した予測形状に対しての固有振動数及び固有振動モードも算出して、これらの算出結果を出力する。

【選択図】 図 9

特願2002-279503

出願人履歴情報

識別番号

[000006895]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田1丁目4番28号

氏 名

矢崎総業株式会社